PCT WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 6 : H03K 19/177, G06F 17/50

A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: **WO 98/31102**

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 16. Juli 1998 (16.07.98)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE97/02999

(22) Internationales Anmeldedatum: 22. Dezember 1997 (22.12.97)

(30) Prioritätsdaten:
196 54 593.5 20. Dezember 1996 (20.12.96) DE

(71) Anmelder: PACT INFORMATIONSTECHNOLOGIE GMBH [DE/DE]; Thelemannstrasse 15, D–81545 München (DE).

(72) Erfinder: VORBACH, Martin; Hagebuttenweg 36, D–76149 Karlsruhe (DE). MÜNCH, Robert; Hagebuttenweg 36, D–76149 Karlsruhe (DE).

(74) Anwalt: ZAHN, Roland; Im Speitel 102, D–76229 Karlsruhe (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: JP, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

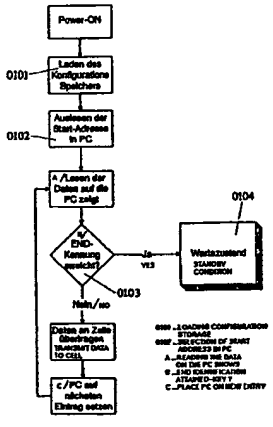
Veröffentlicht
Mit internationalem Recherchenbericht.
Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.

(54) Title: RECONFIGURATION METHOD FOR PROGRAMMABLE COMPONENTS DURING RUNNING TIME

(54) Bezeichnung: UMKONFIGURIERUNGS–VERFAHREN FÜR PROGRAMMIERBARE BAUSTEINE ZUR LAUFZEIT

(57) Abstract

The invention relates to a method for reconfiguration during the running time of FPGA, in which there is a loading logic or several loading logics which react to signals of any kind and recognize and can process special loading logic commands within a configuration programme consisting of data and commands, and, on the basis of the source of an event, can compute an entry in a branch table. For this, there are one or more branch tables for locating the address of the configuration data to be loaded after computing. One or more configuration memory areas exist, in which one or more configuration programmes are loaded; and there are one or more FIFO memory areas into which configuration data is copied which could not be sent to the element or elements to be configured. When an event occurs, an address is computed in a branch table, based on the source of the event. FIFO memory area is provided and run through before each reloading, and, if the cell can not be reloaded, the configuration data is copied into it nearer the beginning; if the cell can be reloaded, the configuration data is transferred to the cell. The computed branch table entry is read–out, and the configuration data which is stored at the read–out address is loaded into the cell, or, if the cell cannot be reprogrammed, it is copied into the FIFO memory area.



(57) Zusammenfassung

In Verbindung mit einem Verfahren zum Umkonfigurieren zur Laufzeit von FPGA ist vorgesehen, dass eine Ladelogik oder mehrere Ladelogiken existieren, welche auf Signale, gleich welcher Art, reagieren und spezielle Ladelogik Befehle, innerhalb eines Konfigurationsprogramms, bestehend aus Daten und Befehlen, erkennen und verarbeiten können, sowie auf Grund der Quelle eines Ereignisses einen Eintrag in einer Sprung–Tabelle berechnen können. Dabei existieren eine oder mehrere Sprung–Tabellen zum Auffinden der Adresse der zu ladenden Konfigurationsdaten, welche berechnet wurde. Ein oder mehrere Konfigurations–Speicherbereiche existieren, in denen ein oder mehrere Konfigurationsprogramme geladen werden, und es existieren ein oder mehrere FIFO–Speicherbereiche, in die konfigurationsdaten kopiert werden, welche nicht an die oder das zu konfigurierende Element gesandt werden konnte. Trifft ein Ereignis ein, so wird auf Grund der Quelle des Ereignisses eine Adresse in einer Sprung–Tabelle berechnet. Es ist ein FIFO–Speicherbereich vorgesehen, der vor jedem Umladen durchlaufen wird, und falls die Zelle nicht umgelanden werden kann, in den die Konfigurationsdaten näher an den Anfang kopiert werden; falls die Zelle umgelanden werden kann, werden die Konfigurationsdaten an die Zelle übertragen. Der berechnete Sprung–Tabellen–Eintrag wird ausgelesen und die Konfigurationsdaten, welche an der ausgelesenen Adresse gespeichert sind, werden in die Zelle geladen, oder, falls die Zelle nicht umprogrammiert werden kann, in den FIFO–Speicherbereich kopiert.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland			TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko		
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CM	Kamerun			PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

Umkonfigurierungs-Verfahren für programmierbare Bausteine zur Laufzeit

Hintergrund der Erfindung

Stand der Technik

Programmierbare Bausteine mit zwei oder mehrdimensionaler Zellanordnung (insbesondere FPGAs, DPGAs und DFPs o.ä.) werden heutzutage auf zwei verschiedene Arten programmiert.

1. Einmalig, das heißt die Konfiguration kann nach der Programmierung nicht mehr geändert werden. Alle Konfigurierten Elemente des Bausteins führen also die gleiche Funktion, über den gesamten Zeitraum durch, in dem die Anwendung abläuft.
2. Im Betrieb, das heißt die Konfiguration kann nach Einbau des Bausteins, durch daß Laden einer Konfigurationsdatei, zum Startbeginn der Anwendung, geändert werden. Die meisten Bausteine (insbesondere die FPGA Bausteine), lassen sich während des Betriebes nicht wieder umkonfigurieren. Bei umkonfigurierbaren Bausteinen, ist eine Weiterverarbeitung von Daten während des Umkonfigurierens meistens nicht möglich und die benötigte Umkonfigurierungszeit erheblich zu groß.

Neben den FPGAs, gibt es noch die sogenannten DPGAs. Diese Bausteine speichern eine kleine Anzahl an verschiedenen Konfigurationen, welche durch ein spezielles Datenpaket ausgewählt werden. Eine Umkonfigurierung dieser Speicher während der Laufzeit ist nicht möglich.

Probleme

Große Probleme bereitet die Umkonfigurierung von gesamten programmierbaren Bausteinen oder Teilen davon während der

Laufzeit und dabei besonders die Synchronisation. Alle bisherigen Lösungen halten die Verarbeitung des kompletten Bausteins, während der Umkonfigurierung, an. Ein weiteres Problem ist die Selektion der neu zu ladenden Teilkonfiguration und das Integrieren dieser Teilkonfiguration in die bereits Bestehende Konfiguration.

Verbesserung durch die Erfindung
Durch das in der Erfindung beschriebene Verfahren ist es möglich einen, zur Laufzeit, umkonfigurierbaren Baustein, effizient und ohne Beeinflussung der nicht an der Umkonfigurierung beteiligten Bereiche, umzuladen. Weiterhin ermöglicht das Verfahren das Selektieren von Konfigurationen in Abhängigkeit der aktuellen Konfiguration. Das Problem der Synchronisation der an der Umkonfiguration beteiligten und nicht beteiligten Bereiche wird ebenfalls gelöst.

Beschreibung der Erfindung
Übersicht über die Erfindung, Abstrakt
Beschrieben wird ein Verfahren zum Umkonfigurieren von programmierbaren Bausteinen, bestehend aus einer zwei oder mehrdimensionalen Zellanordnung. Das Verfahren ermöglicht die Umkonfigurierung des Bausteins oder der Bausteine, ohne die Arbeitsfähigkeit, der nicht an der Umkonfigurierung beteiligten Zellen, einzuschränken. Das Verfahren ermöglicht das Laden von kompletten Konfigurationen oder von Teilkonfigurationen in den oder die programmierbaren Bausteine. Die Einzelheiten und besondere Ausgestaltungen, sowie Merkmale des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Umkonfigurierens von programmierbaren Bausteinen, sind Gegenstand der Patentansprüche.

Detailbeschreibung der Erfindung

Das beschriebene Verfahren setzt einen programmierbaren Baustein voraus, welcher folgende Eigenschaften aufweist:

1. Ladelogik

Die Ladelogik ist der Teil des Bausteins, welcher das Laden und Eintragen von Konfigurationsworten in die zu konfigurierenden Elemente des Bausteins (Zellen) durchführt.

2. Zellen

Der Baustein besitzt eine Vielzahl an Zellen, welche einzeln durch die Ladelogik adressiert werden können.

3. Rückmeldung Ladelogik

Jede Zelle oder Gruppe von Zellen muß der Ladelogik mitteilen können, ob sie umkonfiguriert werden kann.

4. Rückmeldung Zellen

Jede Zelle muß die Möglichkeit haben, ein STOP Signal an die Zellen zu senden, von denen sie ihre zu verarbeitenden Daten erhält.

5. START/STOP Kennung

Jede Zelle muß eine Möglichkeit besitzen, ein START/STOP Kennung einzustellen.

a. Die START Kennung zeichnet eine Zelle als den Beginn einer längeren Verarbeitungskette (Makro) aus.

b. Die STOP Kennung markiert das Ende des Makros, also den Punkt, an dem die Verarbeitung des Makros ein Ergebnis geliefert hat.

Aufbau eines Konfigurationswortes

Die Ladelogik ist eine Zustandsmaschine, welche Konfigurationsworte verarbeiten kann. Neben Konfigurationsworten für Zellen, existieren Einträge, welche durch die Ladelogik als Befehle erkannt werden können. Es ist also möglich zu unterscheiden ob der Inhalt des

Konfigurationswortes an eine Zelle zu übertragen ist oder einen Befehl für die Zustandsmaschine darstellt.
Ein Konfigurationswort, welches an Zellen des Bausteins übertragen wird, muß dabei mindestens folgende Daten enthalten:
1. Adresse der Zelle. Zum Beispiel als lineare Nummer oder als X,Y Koordinaten.
2. Konfigurationswort, welches in die Zelle übertragen wird.
Kennungen und Befehle für die Ladelogik
Für eine korrekte Arbeitsweise der Ladelogik, muß diese nur zwei Befehlsworte erkennen können. Dies sind:
1. END
Dies ist ein Befehl, welche die Ladelogik in einen Zustand versetzt, in dem sie auf das Eintreffen von Ereignissen von Zellen, wartet. (Figur 2)
2. DISPATCH(Eintragsnummer, Adresse)
Die Ladelogik trägt in die Adresse, welche durch den Parameter Eintragsnummer angegeben wird, der Sprung-Tabelle den Wert des Parameters Adresse ein.

Weiterhin kann die Ladelogik einen Eintrag als Leer-Eintrag erkennen. Dies wird dadruch erreicht, daß ein bestimmtes Bit-Muster als Leer-Kennung definiert ist, welches durch die Ladelogik erkannt werden kann.

Die Sprung-Tabelle
Im Konfigurationsspeicher, existiert eine Sprung-Tabelle (0506). Die Größe der Sprung-Tabelle ist dabei so gewählt, daß für jede Zelle, welche von der Ladelogik addresiert werden kann, genau ein einziger Eintrag vorhanden ist. Zu jeder Zelladresse existiert genau ein einziger Eintrag in der Sprung-Tabelle, welcher durch die Ladelogik berechnet werden kann. (Figur 5 und 6)

In einem Eintrag der Sprung-Tabelle steht eine Speicheradresse (0601). Diese Speicheradresse gibt an, von wo weitere Konfigurationsdaten (0508), aus dem Konfigurationsspeicher, zu lesen sind, falls von dieser Zelle eine Rückmeldung an die Ladelogik erfolgt.

Start des Systems
Durch einen Reset, also dem Rücksetzen des Systems, beginnt die Ladelogik mit dem Empfangen oder Laden von Konfigurationsdaten, von einem Speicher, in den Konfigurationsspeicher (0101). Alle Zellen des Bausteines sind in dem Zustand, in dem sie konfiguriert werden können. Danach springt die Ladelogik, durch Laden des Programmzählers (PC) (0505), an eine Speicherstelle, welche die Adresse einer Startkonfiguration (0507) enthält (0102). Diese Startkonfiguration wird solange abgearbeitet, bis die Ladelogik eine END-Kennung erkennt (0103). Diese Startkonfiguration programmiert den Baustein derart, daß eine Verarbeitung von Daten beginnen kann. Nach dem Eintragen der Startkonfiguration, wechselt die Ladelogik, auf Grund der END-Kennung, in einen Zustand, in dem sie auf Ereignisse von den Zellen wartet (0104).

Eintreffen eines Ereignisses einer Zelle
Nach der Verarbeitung von Daten kann eine Zelle eine Rückmeldung an die Ladelogik senden. Diese Rückmeldung (Ereignis) zeigt an, daß die Zelle und damit das Makro in dem die Zelle enthalten ist, seine Arbeit beendet hat und das Umladen erfolgen kann.
Bevor allerdings mit dem Laden einer neuen Konfiguration begonnen wird, wird der nachfolgend beschriebene FIFO-Speicher (First-In-First-Out Speicher) abgearbeitet (0201).

Wichtig ist, daß der Speicher als FIFO-Speicher organisiert ist. Diese Organisation garantiert, daß Zellen die im ersten Versuch nicht umgeladen werden konnten, garantiert im zweiten Versuch als erste wieder an der Reihe sind. Dadurch wird verhindert, daß Zellen welche zwischenzeitlich signalisiert haben, daß sie umkonfiguriert werden können, ganz nach hinten in der Bearbeitung rutschen. In diesem Fall könnte ein Deadlock-Situation auftreten, in der das eine Makro erst umkonfiguriert werden kann, wenn ein anderes Makro umkonfiguriert wurde.
Durch die Rückmeldung an die Ladelogik, erhält die Ladelogik auch die Adresse oder Nummer der Zelle, welche die Rückmeldung ausgelöst hat. Mit Hilfe dieser Nummer, wird der passende Eintrag in der Sprung-Tabelle selektiert (0203, 0204). Die Adresse, welche in diesem Eintrag enthalten ist, gibt den Beginn der zu ladenden Konfiguration innerhalb des Konfigurationsspeichers an (0205).

FIFO-Speicher
Das Verfahren muß berücksichtigen, daß es sein kann, daß einige Zellen ihre Arbeit noch nicht beendet haben, diese Zellen jedoch schon umgeladen werden sollen. Alle Konfigurationsdaten der Zellen, bei denen eine solche Bedingung zu trifft, werden in einen speziellen Speicherbereich (FIFO-Speicher) kopiert (0506).
Jedesmal, bevor eine neue Konfiguration geladen werden soll, wird der FIFO-Speicher durchlaufen. Da eine neue Konfiguration geladen werden soll, haben einige Zellen ihre Arbeit beendet und sind in den Zustand 'umkonfigurierbar' übergegangen. Unter diesen Zellen können sich auch solche befinden, bei denen eine Umkonfigurierung, durch die Ladelogik, in einem früheren Versuch gescheitert ist, da diese Zellen ihre Arbeit noch nicht beendet hatte, diese

Umkonfigurierung jetzt aber erfolgreich durchgeführt werden kann.
Die Ladelogik lädt den PC mit dem Inhalt des Registers, welches auf den Beginn des FIFO-Speicher zeigt (FIFO-Start-REG) (0502) und ließt die Daten aus dem FIFO-Speicher. Ein Vergleich stellt fest, ob das Ende des FIFO-Speichers erreicht wurde (0301). Ist dies der Fall, so wird an die Stelle in der Zustandsmaschine zurückgesprungen, an der die Umkonfigurierung fortläuft (0202).
Die Abarbeitung des FIFO-Speichers geschieht ähnlich dem einer Konfiguration innerhalb des Konfigurationsspeichers. Es kann der Fall eintreten, daß eine Zelle auch bei einem weiteren Versuch immer noch nicht umkonfiguriert werden kann. In diesem Fall werden die Konfigurationsdaten, falls eine leere Speicherstelle weiter vorne im FIFO-Speicher existiert, in diese Speicherstelle kopiert (0302).
Dieser Kopiervorgang wird dadruch erreicht, daß die Ladelogik die Startadresse des FIFO-Speichers im FIFO-Start-REG (0502) gespeichert hat und die Endeadresse im FIFO-End-REG (0503). Weiterhin kennt die Ladelogik die Adresse des nächsten freien Eintrags (beginnend vom Anfang des FIFO-Speichers) mittels des FIFO-Free-Entry-REG (0504, 0303). Nachdem das Konfigurationswort in den freien Eintrag kopiert wurde (0304), positioniert die Ladelogik den Zeiger des FIFO-Free-Entry-REG auf den nächsten freien Eintrag (0305), innerhalb des FIFO-Speichers. Die Suche erfolgt dabei in Richtung des Endes des FIFO-Speichers. Danach wird der PC auf den nächsten Eintrag innerhalb des FIFO-Speichers gesetzt (0306).

Umladen von Zellen
Die Ladelogik liest nun die Konfigurationsdaten aus dem Konfigurationsspeicher. In diesen Daten ist die Adresse der Zelle enthalten, welche umgeladen werden soll (Figur 4). Jede

Zelle kann signalisieren, daß sie umgeladen werden kann. Die Ladelogik testet dies (0401). Kann die Zelle umgeladen werden, werden die Konfigurationsdaten von der Ladelogik an die Zelle übertragen.
Ist die Zelle noch nicht bereit, werden die durch die Ladelogik gelesenen Daten in einen Speicherbereich, den FIFO-Speicher, innerhalb des Konfigurationsspeichers geschrieben (0402). Die Adresse an welche die Daten geschrieben werden, ist in einem Register, innerhalb der Ladelogik, abgelegt (FIFO-End-Reg)(0503).
Dieser Vorgang wird so oft wiederholt, bis die Ladelogik die END-Kennung des Konfigurationsprogramms erkennt und wieder in den Zustand übergeht, in dem die Ladelogik auf Ereignisse der Zellen wartet (0403).

Aufbau des Konfigurationsprogramms
Nachdem eine Zelle das Signal zum Umladen gegeben hat und das Makro, in dem die Zelle integriert ist, umgeladen wurde, entsteht eine neue Konfiguration. Die Zelle die vorher das Signal an die Ladelogik geben hat, kann jetzt eine ganz andere Aufgabe haben, insbesondere kann sie nicht mehr die Zelle sein, welche ein Umladesignal, an die Ladelogik abschickt. Wobei es möglich sein kann, daß in der neuen Konfiguration wieder die selbe Zelle das Umladesignal an die Ladelogik schickt.
Mittels des DISPATCH-Befehls, innerhalb des Konfigurationsprogramms, kann eine neue Adresse an die Eintragsposition der Zelle in der Sprung-Tabelle geschrieben werden (0604). Diese neue Adresse kann auf eine neue Konfiguration oder Teilkonfiguration zeigen, welche bei einer Rückmeldung von dieser Zelle geladen werden soll.

Kurzbeschreibung der Diagramme

Fig. 1 ist ein Ablaufplan der Schritte, die nach einem Systemstart durchzuführen sind.

Fig. 2 ist ein Ablaufplan der Schritte, die nach dem Eintreffen einer Umkonfigurierungsanforderung durchzuführen sind.

Fig. 3 ist ein Ablaufplan der Schritte, die bei der FIFO-Speicher Bearbeitung durchzuführen sind.

Fig. 4 ist ein Ablaufplan der Schritte, die bei der Konfigurierung der Zellen durchzuführen sind.

Fig. 5 zeigt die Ladelogik mit ihren Registern. Weiterhin ist der Konfigurationsspeicher sowie die Unterteilung in Sprung-Tabelle, Start-Konfiguration, weitere Konfigurationen und der FIFO-Speicher zu sehen.

Fig. 6 zeigt zwei Ausschnitte aus einem Konfigurationsprogramm und vier Ausschnitte aus der Sprung-Tabelle und wie diese in zeitlichem Zusammenhang stehen.

Detailbeschreibung der Diagramme

Figur 1 zeigt in einem Ablaufplan, welche Schritte nach einem Systemstart durchzuführen sind. Durch einen Vergleich mit der END-Kennung der Start-Konfiguration wird in den Wartezustand gesprungen (0104).

Figur 2 zeigt in einem Ablaufplan die notwendigen Schritte, welche während des Wartezustandes und, nach dem eine Umkonfigurierung durch eine Zelle signalisiert wurde, durchzuführen sind. Der Ablaufplan besitzt einen Einsprungspunkt (0202), der von anderer Stelle angesprungen wird.

Figur 3 zeigt in einem Ablaufplan, wie die Behandlung

des FIFO-Speichers durchzuführen ist. Weiterhin ist dargestellt, wie der Kopiervorgang innerhalb des FIFO-Speichers arbeitet.

Figur 4 zeigt in einem Ablaufplan, welche Schritte bei der Umkonfigurierung der Zellen notwendig sind und wie eine Konfiguration innerhalb des Konfigurierungsprogramms abgearbeitet wird.

Figur 5 stellt die Ladelogik und ihre Register dar. Die Ladelogik besitzt fünf verschiedene Register. Dies sind:
1. Das Start-Konfiguration-REG (0501). In diesem Register steht die Adresse der Startkonfiguration innerhalb des Konfigurationspeichers. Die Daten sind derart in dem Konfigurationsprogramm enthalten, daß sie von der Ladelogik erkannt und in das Start-Konfiguration-REG übernommen werden können.
2. Ein FIFO-Start-REG (0502). Das FIFO-Start-REG zeigt auf den Beginn des FIFO-Speicherbereichs, innerhalb des Konfigurationsspeichers.
3. Ein FIFO-End-REG (0503). Das FIFO-End-REG kennzeichnet das Ende des FIFO-Speichers. An diese Stelle werden die Konfigurationsworte kopiert, welche durch die Ladelogik nicht verarbeitet werden konnten.
4. Ein FIFO-Free-Entry-REG (0504). Das FIFO-Free-Entry-REG zeigt auf den freien Eintrag, der dem Beginn (FIFO-Start-REG) des FIFO-Speichers am nächsten ist. An diese Stelle werden die Konfigurationsworte kopiert, welche während des Durchlaufens des FIFO-Speichers, wiederum nicht durch die Ladelogik verarbeitet werden konnten.
5. Einen Programmzähler (PC). Der PC zeigt auf die Adresse, innerhalb des Konfigurationsspeichers, in dem das nächste, durch die Ladelogik zu verarbeitende, Konfigurationswort, steht.

6. Ein Adress-REG (0510). In diesem Register wird die Adresse einer zu addressierenden Zelle gespeichert.
7. Ein Data-REG (0511). Dieses Register speichert die Konfigurationsdaten, welche an die Zelle gesendet werden sollten, welche durch das Adress-REG angesprochen wird.
8. Ein Dispatch-REG (0512). Das Dispatch-REG speichert die Adresse des Eintrags in der Sprung-Tabelle, auf welchen die Ladelogik zugreift.

Weiterhin ist der Konfigurationsspeicher und sein verschiedenen Sektionen zu sehen. Dies sind:
1. Die Sprung-Tabelle (0506). Für jede Zelle, welche durch die Ladelogik konfigurierbar ist, existiert ein einziger Eintrag. In diesem Eintrag steht die Adresse, welche bei einer Signalisierung durch diese Zelle, in den PC geladen wird.
2. Eine Start-Konfiguration (0507). Die Start-Konfiguration ist jeden Konfiguration, welche nach dem starten des Systems in den Baustein geladen wird.
3. Weitere Konfigurationen (0508). Diese Konfigurationen können während der Laufzeit des Systems in den Baustein geladen werden. Die Konfigurationen bestehen aus Konfigurationswörtern und Ladelogik Befehlen.
4. Einen FIFO-Speicher Bereich (0509). Der FIFO-Speicher Bereich enthält alle die Konfigurationsworte, welche durch die Ladelogik in einem ersten Versuch nicht erfolgreich verarbeitet werden konnten.

Figur 6 zeigt zwei Ausschnitte aus einer Konfiguration. In diesen Ausschnitten sind die Befehle und Konfigurationsworte zu sehen, welche durch die Ladelogik, verarbeitet werden. Weiterhin sind zwei Ausschnitte aus der Sprung-Tabelle zu sehen (0601 und 0607) und der Zustand dieser Ausschnitte

(0602 und 0608) nach der Abarbeitung der beiden Konfigurationsausschnitte.

Ausführungsbeispiele

Es wird angenommen, daß ein Baustein oder mehrere Bausteine durch eine Ladelogik, wie in der Erfindung beschrieben, umkonfiguriert werden sollen. Weiterhin sei angenommen, daß das System bereits die Startkonfiguration geladen hat, und die Ladelogik sich im Zustand 'warten auf ein Ereignis' befindet. Die Ausführung beginnt mit dem Eintreffen eines Ereignisses von Zelle Nummer 41.

Die Ladelogik beginnt zuerst mit der Abarbeitung des FIFO-Speichers (0201). Dabei wird der Beginn des FIFO-Speichers aus dem Register FIFO-Start-REG in den PC übertragen. Die Daten an der Stelle, auf die der PC zeigt, werden gelesen. Nun wird überprüft, ob das Ende des FIFO-Speichers erreicht wurde. Dies ist in diesem Ausführungsbeispiel der Fall, da das System das erste Mal umgeladen wird.
Die Adresse der Zelle, welche das Signal ausgelöst hat, wird durch die Ladelogik in eine Adresse der Sprung-Tabelle umgerechnet. Diese berechnete Adresse wird in das Distpatch-REG geladen (0512). Die Ladelogik liest nun die Adresse aus der Sprung-Tabelle (0506), welche an der Speicheradresse gespeichert ist, die durch das Dispatch-REG adressiert wird (0601). Diese Adresse wird in den PC geladen.
Daraufhin beginnt die Verarbeitung der Konfigurationsworte (0603). Es sei angenommen, daß der Befehl Nummer 3 (1,3 MUL) nicht ausgeführt werden kann, da die Zelle mit der Adresse (1,3) nicht umkonfiguriert werden kann. Die Daten werden nun in den FIFO-Speicher kopiert. Mit Erreichen des DISPATCH-Befehls (0604) wird an die Adresse 41 in der Sprung-Tabelle, eine neue Adresse eingetragen (0602). Der END-Befehl versetzt

die Ladelogik wieder in den 'warten auf ein Ereignis' Zustand.
Nach einiger Zeit triff nun wieder ein Signal von der Zelle 41 ein. Jetzt steht an der Adresse 42 der Sprung-Tabelle eine andere Adresse (0602). Die Ladelogik arbeitet wieder zuerst den FIFO Speicher ab. Nun befinden sich Daten in dem FIFO-Speicher.
Die Daten aus dem FIFO-Speicher werden gelesen und es wird versucht die adressierte Zelle mit den Daten zu laden. Da die Zelle jetzt umkonfiguriert werden kann, gelingt dies. Der Eintrag des FIFO Speichers wird daraufhin mit einer Leer-Kennung beschrieben.
Die ursprüngliche Verarbeitung wird fortgeführt und das Lesen von Konfigurationsdaten beginnt nun an einer unterschiedlichen Adresse (0605).
Diese Konfiguration wird abgearbeitet, der DISPATCH-Befehl schreibt diesmal eine Adresse in den Eintrag Nummer 12 der Sprung-Tabelle (0606). Danach versetzt der END-Befehl die Ladelogik wieder in den Zustand 'warten auf ein Ereignis'. Dieses Wechselspiel wiederholt sich während der gesamten Laufzeit des Systems.

Begriffsdefinition

konfigurierbares Element Ein konfigurierbares Element stellt eine Einheit eines Logik-Bausteines dar, welche durch ein Konfigurationswort für eine spezielle Funktion eingestellt werden kann. Konfigurierbare Elemente sind somit, alle Arten von RAM-Zellen, Multiplexer, Arithmetische logische Einheiten, Register und alle Arten von interner und externer Vernetzungsbeschreibung etc.

Konfigurieren Einstellen der Funktion und Vernetzung eines konfigurierbaren Elements.

Konfigurationsspeicher Der Konfigurationspeicher enthält ein oder mehrere Konfigurationsworte.

Konfigurationswort Ein Konfigurationswort besteht aus einer beliebig langen Bit-Reihe. Diese Bit-Reihe stellt eine gültige Einstellung für das zu konfigurierende Element dar, so das eine funktionsfähige Einheit entsteht.

Ladelogik Einheit zum Konfigurieren und Umkonfigurieren von programmierbaren Bausteinen. Ausgestaltet durch einen speziell an seine Aufgabe angepaßten Mikrokontroller oder eine Zustandsmaschine.

Makro Ein Makro ist eine Menge von Zellen, welche zusammen eine Aufgabe, Funktion etc. implementieren.}

Umkonfigurieren Neues Konfigurieren von einer beliebigen Menge von konfigurierbaren Elementen eines programmierbaren Bausteins während eine beliebige Restmenge von

konfigurierbaren Elementen ihre eigenen Funktionen fortsetzen (vgl. konfigurieren).

Rückmeldung Eine Rückmeldung ist eine Aktion, welche eine Zelle auslösen kann. Bei einer Rückmeldung können verschiedene Informationen an die Einheit gesandt werden, welche die Rückmeldung empfängt.

Zelle siehe konfigurierbares Element.

Zustandsmaschine Logik, die diversen Zuständen annehmen kann. Die Übergänge zwischen den Zuständen sind von verschiedenen Eingangsparametern abhängig. Diese Maschinen werden zur Steuerung komplexer Funktionen eingesetzt und entsprechen dem Stand der Technik

Patentansprüche

1. Verfahren zum Umkonfigurieren zur Laufzeit von programmierbaren Bausteinen, mit einer zwei oder mehrdimensionalen Zellanordnung (zum Beispiel FPGAs, DPGAs, DFPs o.ä.) dadurch gekennzeichent,

daß 1. eine Ladelogik oder mehrere Ladelogiken existieren, welche auf Signale, gleich welcher Art, reagieren und spezielle Ladelogik-Befehle, innerhalb eines Konfigurationsprogramms, bestehend aus Daten und Befehlen, erkennen und verarbeiten können, sowie auf Grund der Quelle eines Ereignisses einen Eintrag in einer Sprung-Tabelle berechnen können, und

daß 2. eine oder mehrere Sprung-Tabellen zum Auffinden der Adresse der zu ladenden Konfigurationsdaten, welche berechnet wurde, existieren,

daß 3. ein oder mehrere Konfigurations-Speicherbereiche existieren, in denen ein oder mehrere Konfigurationsprogramme geladen werden,

daß 4. ein oder mehrere FIFO-Speicherbereiche existieren, in den Konfigurationsdaten kopiert werden, welche nicht an die oder das zu konfigurierende Element gesandt werden konnten,

daß 5. ein Ereignis eintrifft und auf Grund der Quelle des Ereignisses eine Adresse in einer Sprung-Tabelle berechnet wird,

daß 6. ein FIFO-Speicherbereich, der vor jedem Umladen durchlaufen wird, und falls die Zelle nicht umgeladen werden kann, die Konfigurationsdaten näher an den Anfang des FIFO-Speicherbereichs kopiert werden, oder, falls die Zelle umgeladen werden kann, die Konfigurationsdaten an die Zelle übertragen werden,

daß 8. der berechnete Sprung-Tabellen Eintrag ausgelesen wird, und die Konfigurationsdaten, welche an der ausgelesenen Adresse gespeichert sind, in die Zellen geladen werden oder, falls die Zelle nicht umprogrammiert werden kann, in den FIFO-Speicherbereich kopiert werden,

daß 9. die Ladelogik in einen Zustand zurückspringt, in dem sie auf Ereignisse warten und auf diese reagieren kann.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Konfigurationspeicher eine oder mehrere Konfigurationen speichert, welche eine oder mehrere komplette Konfigurationen für einen oder mehrere Bausteine enthält.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Konfigurationspeicher eine oder mehrere Teilkonfigurationen speichert, welche nur einen Teil einer kompletten Konfiguration, eines oder mehrerer Bausteine darstellt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ladelogik ein Start-Konfigurations Register enthält, welches auf eine Startkonfiguration zeigt, welche den oder die Bausteine in einen gültigen Zustand versetzt.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ladelogik ein FIFO-Start Register enthält, welches auf den Beginn des speziellen Speicherbereichs zeigt, in den Konfigurationsdaten kopiert werden.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß

die Ladelogik ein FIFO-End Register enthält, welches auf das Ende des speziellen Speicherbereichs zeigt, in den Konfigurationsdaten kopiert werden.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ladelogik ein FIFO-Free-Entry Register enthält, welches auf den ersten freien Eintrag, des speziellen Speicherbereichs zeigt, in den Konfigurationsdaten kopiert werden, zeigt, der dem Beginn dieses Speicherbereichs am nächsten ist.

8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ladelogik ein Programmzähler Register enthält, welches auf den zu verarbeitenden Eintrag innerhalb des Konfigurationsspeichers zeigt.

9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ladelogik ein Adress Register enthält, welches die Adresse (Nummer, Koordianten etc.) der Zelle enthält, welche ein Ereignis ausgelöst hat.

10. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ladelogik ein Data Register enthält, welches die Konfigurationsdaten der Zelle enthält, welche an die Zelle, bei einer Umkonfigurierung, übertragen werden.

11. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ladelogik ein Dispatch Register enthält, welches die aus der Zell Adresse berechnete Adresse des Eintrags in der Sprung-Tabelle enthält.

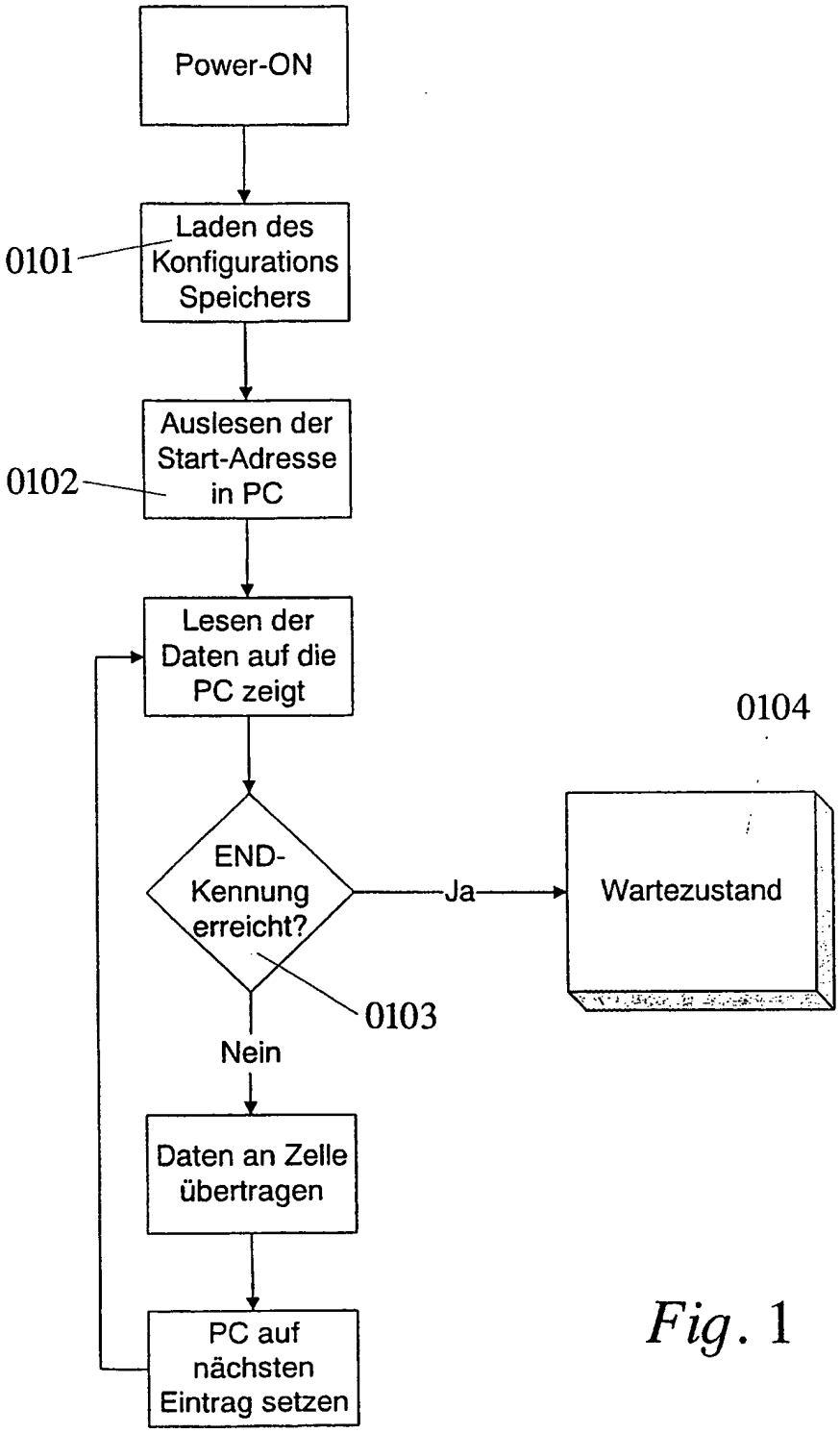

Power-ON
Laden des Konfigurations Speichers
0101
Auslesen der Start-Adresse in PC
0102
Lesen der Daten auf die PC zeigt
0104
END-Kennung erreicht?
Ja
Wartezustand
0103
Nein
Daten an Zelle übertragen
PC auf nächsten Eintrag setzen

Fig. 1

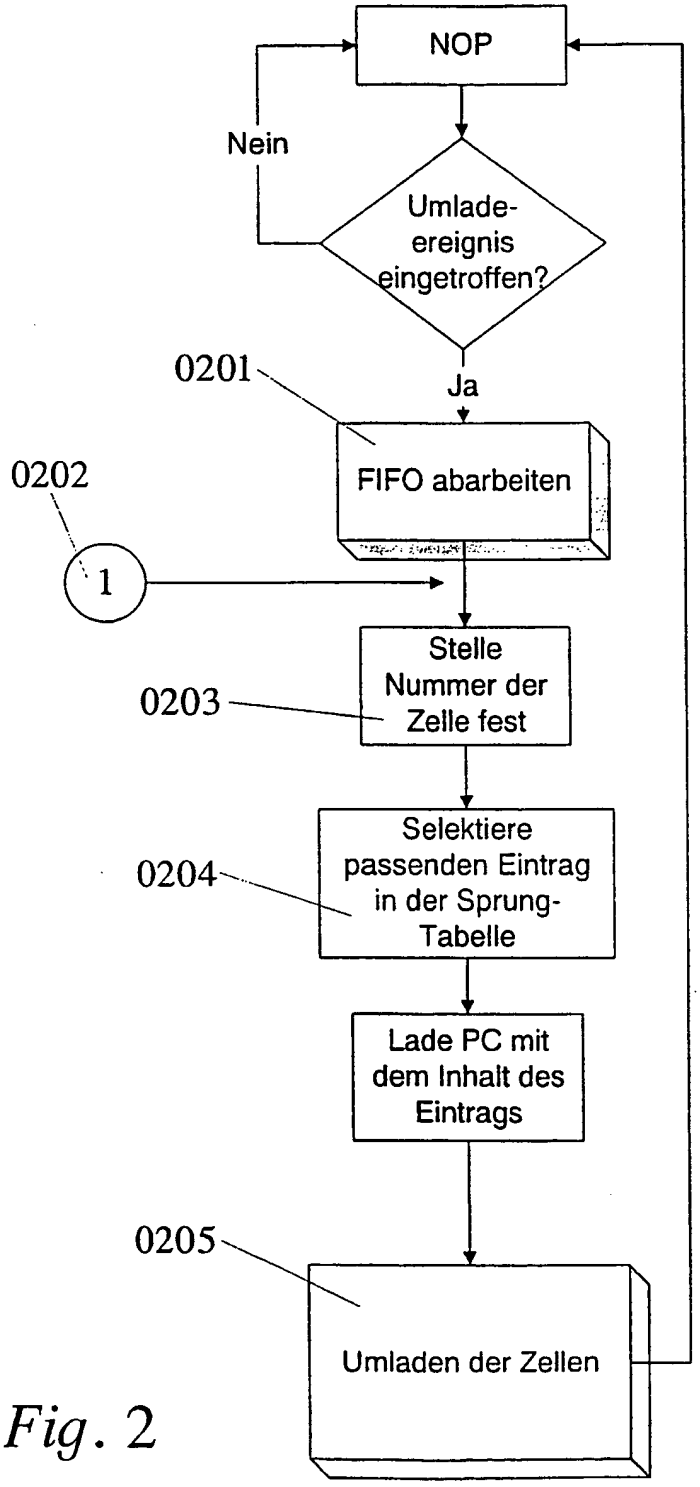

NOP
Nein
Umlade-
ereignis
eingetroffen?
Ja
0201
FIFO abarbeiten
0202
1
Stelle
Nummer der
Zelle fest
0203
Selektiere
passenden Eintrag
in der Sprung-
Tabelle
0204
Lade PC mit
dem Inhalt des
Eintrags
0205
Umladen der Zellen

Fig. 2

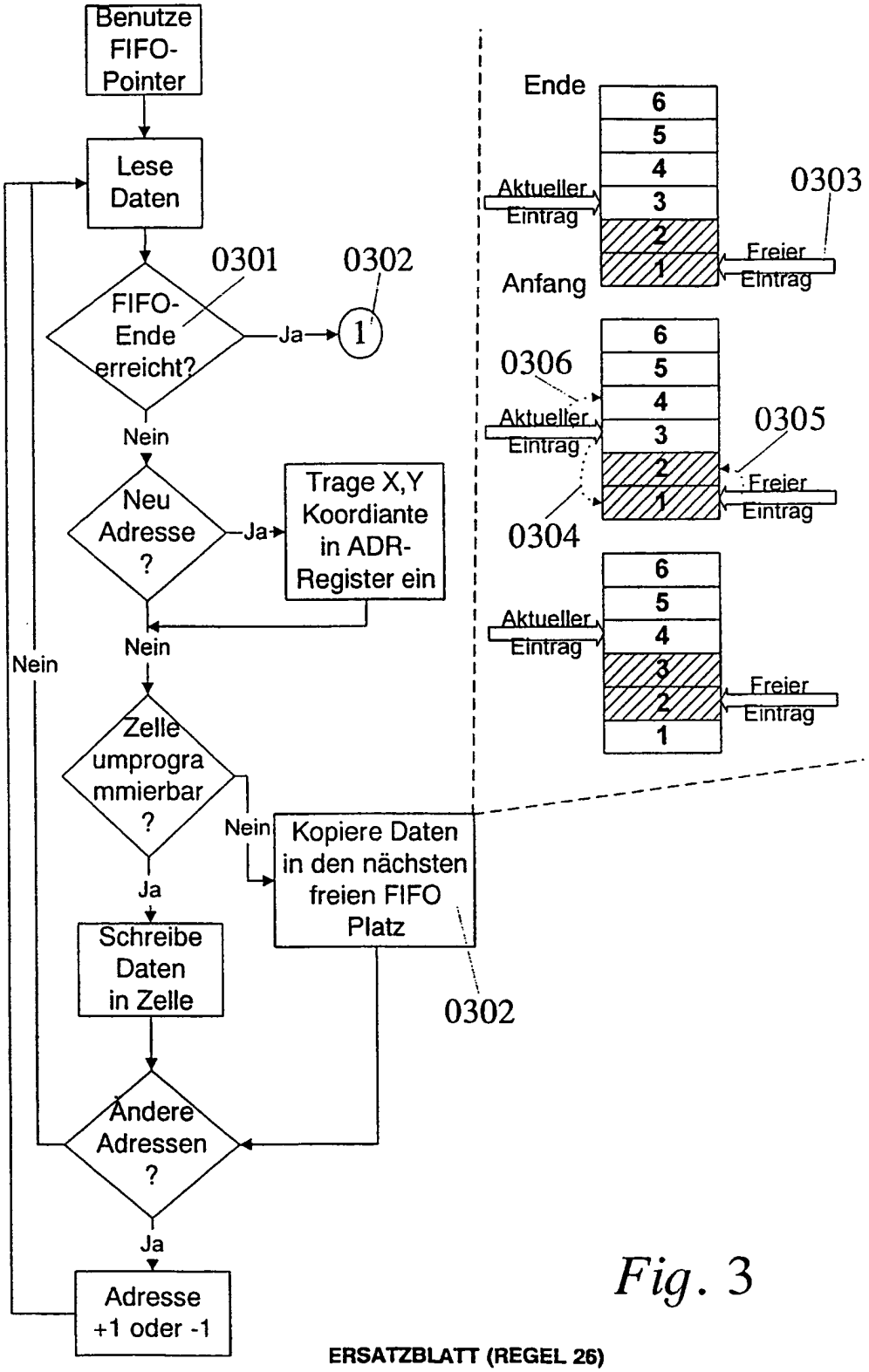

Benutze FIFO-Pointer
Lese Daten
0301
0302
FIFO-Ende erreicht?
Ja
1
Nein
Neu Adresse ?
Ja
Trage X,Y Koordiante in ADR-Register ein
Nein
Nein
Zelle umprogra mmierbar ?
Nein
Kopiere Daten in den nächsten freien FIFO Platz
Ja
Schreibe Daten in Zelle
Andere Adressen ?
Ja
Adresse +1 oder -1
0302
Ende
Aktueller Eintrag
Freier Eintrag
Anfang
0303
0306
0305
0304
6
5
4
3
2
1

Fig. 3

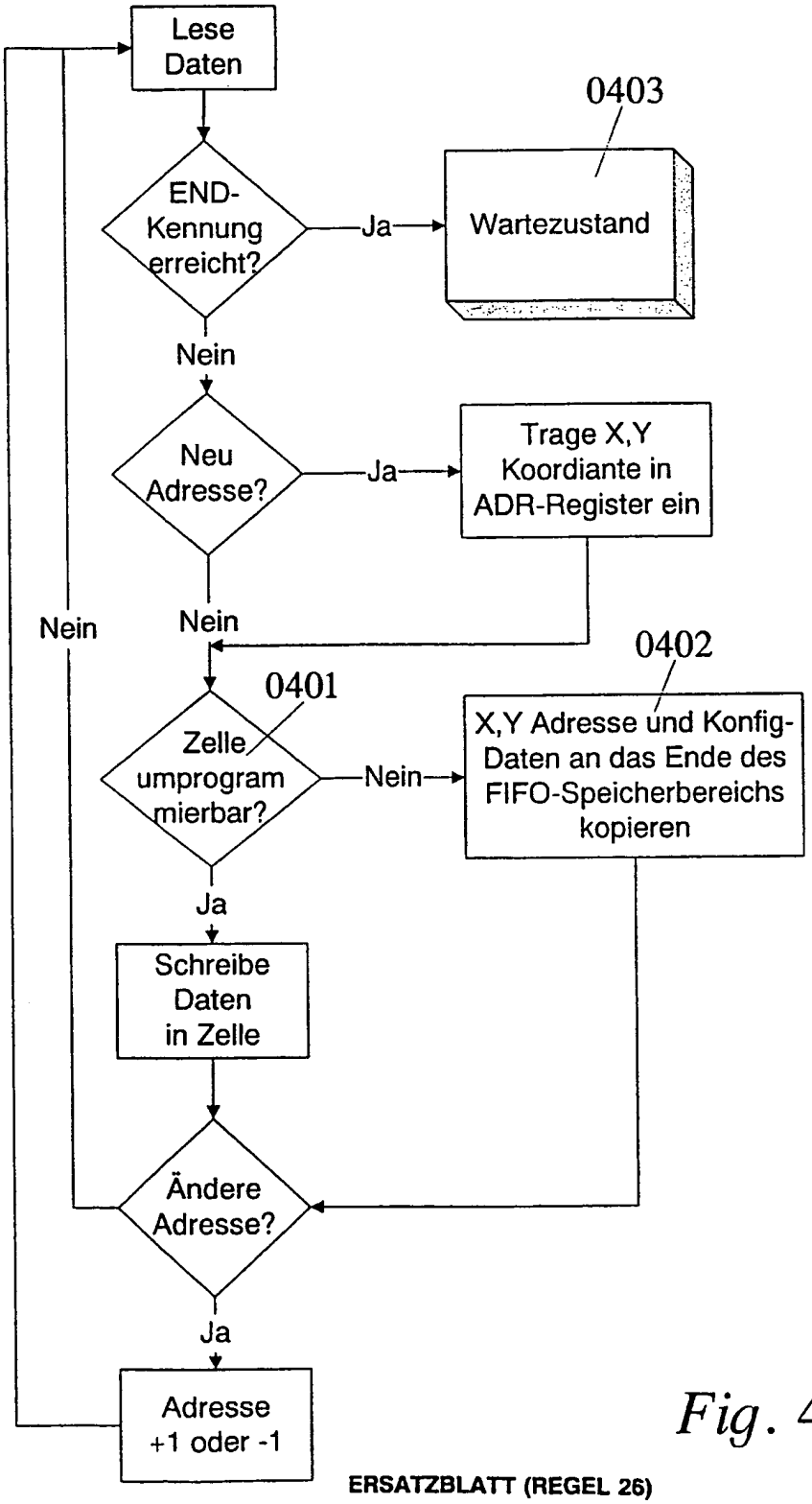

Lese Daten
0403
END-Kennung erreicht?
Ja
Wartezustand
Nein
Neu Adresse?
Ja
Trage X,Y Koordiante in ADR-Register ein
Nein
Nein
0402
0401
Zelle umprogram mierbar?
Nein
X,Y Adresse und Konfig-Daten an das Ende des FIFO-Speicherbereichs kopieren
Ja
Schreibe Daten in Zelle
Ändere Adresse?
Ja
Adresse +1 oder -1

Fig. 4

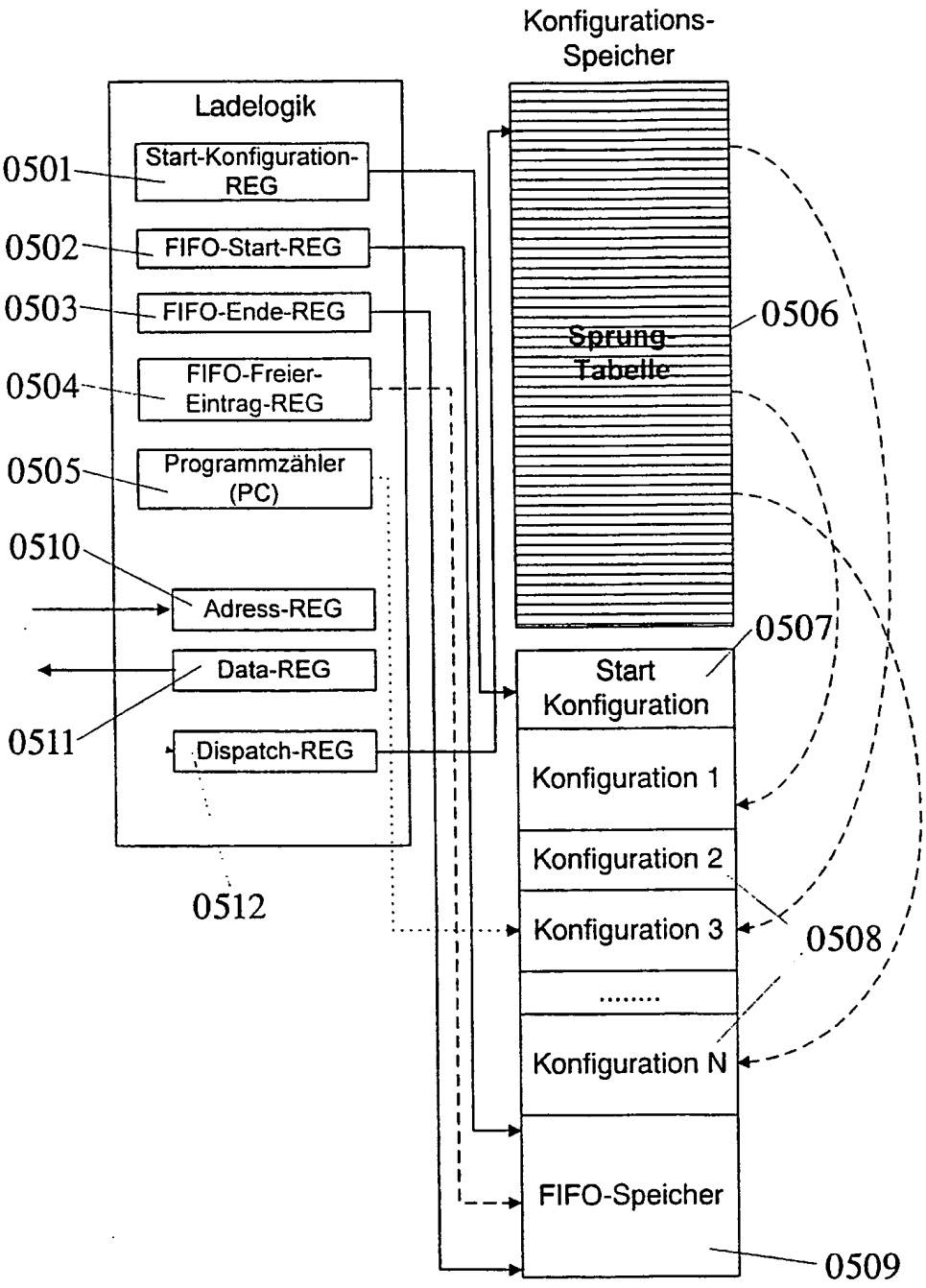

Konfigurations-
Speicher
Ladelogik
Start-Konfiguration-
REG
FIFO-Start-REG
FIFO-Ende-REG
FIFO-Freier-
Eintrag-REG
Programmzähler
(PC)
Adress-REG
Data-REG
Dispatch-REG
0501
0502
0503
0504
0505
0506
0507
0508
0509
0510
0511
0512
Sprung-
Tabelle
Start
Konfiguration
Konfiguration 1
Konfiguration 2
Konfiguration 3
.....
Konfiguration N
FIFO-Speicher

Fig. 5

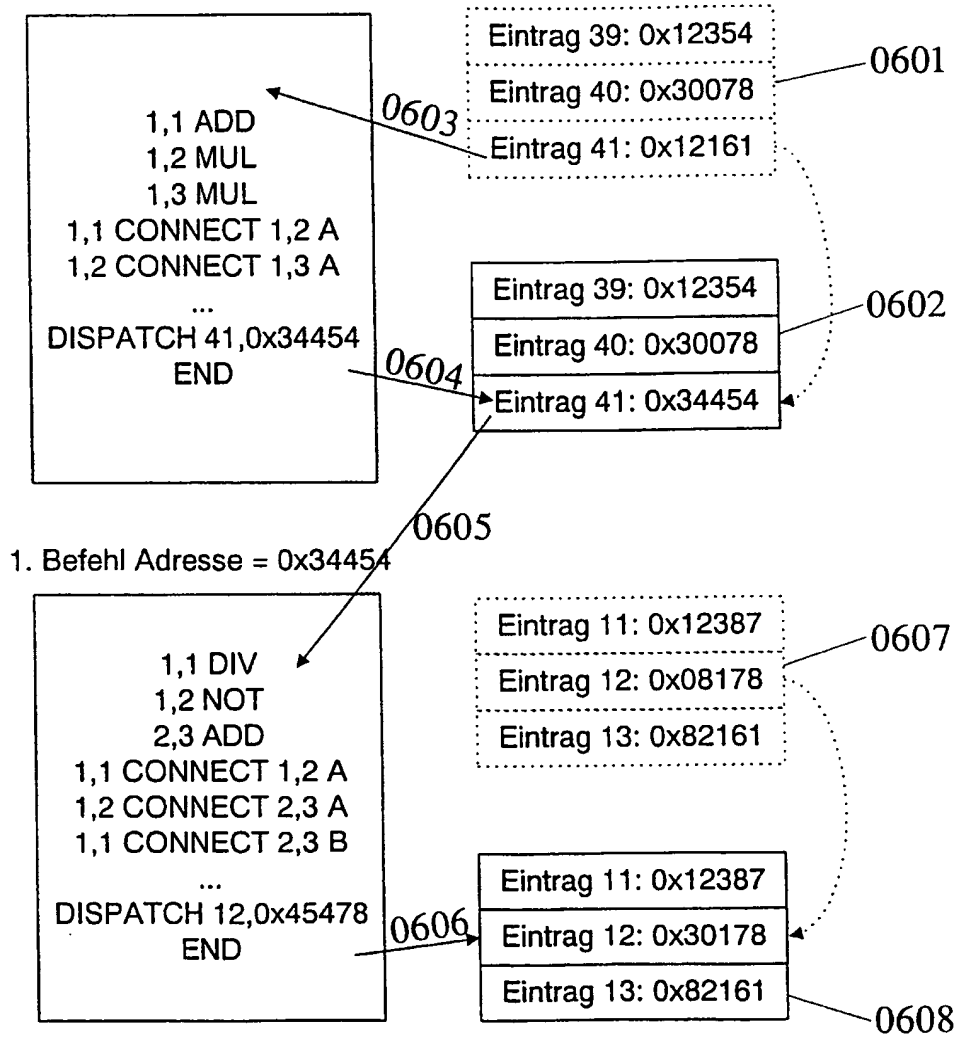

Konfigurationsprogramm
Sprung-Tabelle
1. Befehl Adresse = 0x12161
1,1 ADD
1,2 MUL
1,3 MUL
1,1 CONNECT 1,2 A
1,2 CONNECT 1,3 A
...
DISPATCH 41,0x34454
END
0603
0604
Eintrag 39: 0x12354
Eintrag 40: 0x30078
Eintrag 41: 0x12161
0601
Eintrag 39: 0x12354
Eintrag 40: 0x30078
Eintrag 41: 0x34454
0602
0605
1. Befehl Adresse = 0x34454
1,1 DIV
1,2 NOT
2,3 ADD
1,1 CONNECT 1,2 A
1,2 CONNECT 2,3 A
1,1 CONNECT 2,3 B
...
DISPATCH 12,0x45478
END
0606
Eintrag 11: 0x12387
Eintrag 12: 0x08178
Eintrag 13: 0x82161
0607
Eintrag 11: 0x12387
Eintrag 12: 0x30178
Eintrag 13: 0x82161
0608

Fig. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Interna al Application No
PCT/DE 97/02999

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 H03K19/177 G06F17/50

According to International Patent Classification(IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 H03K G06F

Documentation searched other than minimumdocumentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 678 985 A (XILINX INC) 25 October 1995 see the whole document ---	1
A	EP 0 748 051 A (IBM) 11 December 1996 see the whole document ---	1
A	MAXFIELD C: "Logic that mutates while-u-wait" EDN (EUR. ED.) (USA), EDN (EUROPEAN EDITION), 7 NOV. 1996, CAHNERS PUBLISHING, USA, vol. 41, no. 23, ISSN 0012-7515, pages 137-140, 142, XP002064224 see page 138, right-hand column, line 3 - page 139, left-hand column, line 35; figures 3,4 --- -/--	1

[X] Further documents are listed in the continuation of box C.

[X] Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publicationdate of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of theinternational search	Date of mailing of the international search report
8 May 1998	28/05/1998

Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Michel, T

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Interna al Application No
PCT/DE 97/02999

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication,where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	SALEEBA M: "A self-contained dynamically reconfigurable processor architecture" SIXTEENTH AUSTRALIAN COMPUTER SCIENCE CONFERENCE. ACSC-16, BRISBANE, QLD., AUSTRALIA, 3-5 FEB. 1993, vol. 15, no. 1, pt.A, ISSN 0157-3055, AUSTRALIAN COMPUTER SCIENCE COMMUNICATIONS, 1993, AUSTRALIA, pages 59-70, XP002064400 see the whole document	1

1

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Interna al Application No
PCT/DE 97/02999

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0678985 A	25-10-95	US 5426378 A	20-06-95
		JP 8051356 A	20-02-96
EP 0748051 A	11-12-96	US 5646544 A	08-07-97
		JP 8330945 A	13-12-96

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern. ales Aktenzeichen
PCT/DE 97/02999

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 H03K19/177 G06F17/50

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 6 H03K G06F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 678 985 A (XILINX INC) 25.Oktober 1995 siehe das ganze Dokument ---	1
A	EP 0 748 051 A (IBM) 11.Dezember 1996 siehe das ganze Dokument ---	1
A	MAXFIELD C: "Logic that mutates while-u-wait" EDN (EUR. ED.) (USA), EDN (EUROPEAN EDITION), 7 NOV. 1996, CAHNERS PUBLISHING, USA, Bd. 41, Nr. 23, ISSN 0012-7515, Seiten 137-140, 142, XP002064224 siehe Seite 138, rechte Spalte, Zeile 3 - Seite 139, linke Spalte, Zeile 35; Abbildungen 3,4 --- -/--	1

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

[X] Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

1

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
8.Mai 1998	28/05/1998

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Michel, T

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (Juli 1992)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internales Aktenzeichen
PCT/DE 97/02999

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	SALEEBA M: "A self-contained dynamically reconfigurable processor architecture" SIXTEENTH AUSTRALIAN COMPUTER SCIENCE CONFERENCE. ACSC-16, BRISBANE, QLD., AUSTRALIA, 3-5 FEB. 1993, Bd. 15, Nr. 1, pt.A, ISSN 0157-3055, AUSTRALIAN COMPUTER SCIENCE COMMUNICATIONS, 1993, AUSTRALIA, Seiten 59-70, XP002064400 siehe das ganze Dokument	1

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Interna ales Aktenzeichen
PCT/DE 97/02999

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0678985 A	25-10-95	US 5426378 A	20-06-95
		JP 8051356 A	20-02-96
EP 0748051 A	11-12-96	US 5646544 A	08-07-97
		JP 8330945 A	13-12-96